

Rosenberg, Dominique; Rehling, Alexander; Busker, Maike; Jansen, Walter
Organische Batterien mit Gallussäure, Pyrogallol und grünem Tee.
Schulexperimente zur Demonstration von Flow-Batteries

formal überarbeitete Version der Originalveröffentlichung in:

formally revised edition of the original source in:

Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule : PdN 65 (2016) 6, S. 22-27



Bitte verwenden Sie in der Quellenangabe folgende URN oder DOI /
Please use the following URN or DOI for reference:

urn:nbn:de:0111-pedocs-173934

10.25656/01:17393

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-173934>

<https://doi.org/10.25656/01:17393>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Organische Batterien mit Gallussäure, Pyrogallol und grünem Tee

Schullexperimente zur Demonstration von Flow-Batteries

D. Rosenberg, A. Rehling, M. Busker, W. Jansen

Organische Batterien zur Erzeugung und Speicherung elektrischer Energie lassen sich auch mit Gallussäure, Pyrogallol und sogar mit den Polyphenolen im Grünem Tee außerordentlich wirksam betreiben.

Stichwörter: Redox-Flow-Batteries, organische Batteriesysteme, Tee-Batterien

1 Einleitung

In zwei vorangegangenen Artikeln wurde über organische „Redox-Flow-Batteries“ berichtet, die auf der Anodenseite mit Anthrahydrochinon-disulfonsäure bzw. Alizarin und auf der Kathodenseite mit Sauerstoff, Eisen(III)-sulfat oder Benzochinon betrieben werden können [1,2]. Dort wurde ebenfalls die Bedeutung solcher Systeme für die Speicherung elektrischer Energie aus erneuerbaren Quellen dargestellt. So können Lösungen von Anthrachinon-disulfonsäure und Brenzcatechin in einem Ladeprozess an Kohlefolien zu Anthrahydrochinon-disulfonsäure reduziert bzw. zu 1,2-Benzochinon oxidiert werden [1]. In diesen Batteriesystemen kann die elektrische Energie wieder zurückgewonnen werden, indem die so aufgeladene Batterie wieder entladen wird. Als geeignete Systeme erweisen sich auch die Trihydroxybenzole Pyrogallol und Gallussäure (Abb. 1).

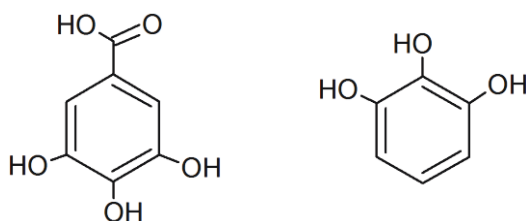


Abb. 1: Die Konstitutionsformeln von Gallussäure (links) und Pyrogallol (rechts)

Pyrogallol und Gallussäure sind als Bausteine komplexerer Verbindungen in der Natur weit verbreitet. Gallussäure wurde bereits im 18. Jahrhundert von C. W. Scheele entdeckt und kommt unter anderem in Eichenrinde und Eichengalläpfeln vor. Eisengallustinten, die aus Gallussäure und Eisen(III)-salzen hergestellt werden, finden auch heute noch für die Unterschriften auf wichtigen Dokumenten eine Verwendung, weil diese außerordentlich beständig sind. Beim Erhitzen von Gallussäure wird Kohlenstoffdioxid abgespalten und es entsteht Pyrogallol, wobei sich der Prozess im Namen des Produkts ausdrückt. Pyrogallol und Gallussäure können insbesondere im alkalischen Milieu deprotoniert (Abb. 2) und dann zu Chinonen oxidiert werden. Damit ist die grundsätzliche Eignung dieser Stoffe für den Einsatz in Flow-Batteries gegeben. Untersuchungen der Umladungspotentiale müssen ergeben, ob diese Substanzen eher für die Anoden- oder Kathodenseite geeignet sind.

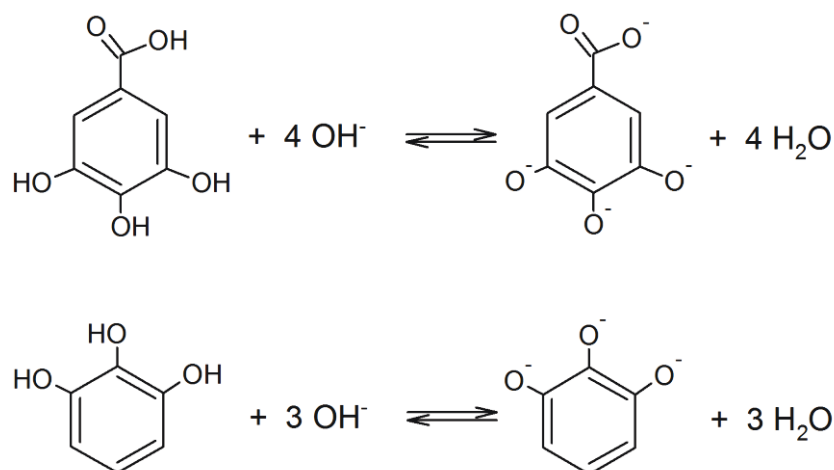


Abb. 2: Deprotonierung von Gallussäure (oben) und Pyrogallol (unten) im alkalischen Milieu

2 Versuche mit Gallussäure und Pyrogallol

In Anlehnung an [1,2] werden die Untersuchungen der Redox-Flow-Batteries in einer stationären Anordnungen durchgeführt. Durch eine Rührung auf einem Magnetrührer kann allerdings eine Strömung der gelösten Stoffe an den Kohlefolien vorbei erreicht und somit das Fließprinzip der Flow-Batteries dargestellt werden. Ebenso wird der erste Versuch nach [3-5] im sauren und der zweite Versuch in alkalischen Milieu durchgeführt, um die jeweiligen Potentiale der beiden Stoffe zu bestimmen und zu vergleichen. Die Bezugsquellen für besondere Geräte und Chemikalien sind die folgenden:

	Händler	Artikelnr.	Maße	Preis
Siebhülsen	Baumarkt	----	Ø = 16 mm, L = 5 mm	4 Stk für 2,65 €
Graphitstab- elektrode oder Bleistiftmine	www.eydam.de	139098010	100 x 8 mm	2,80 € pro Stk
Graphitfolie	Faber-Castell	TK 9071	Ø = 65 mm	6,00€ für 10 Stk
	www.conrad.de	189 060	190 x 190 x 0,2 mm	5,99 € pro Stk
Hand- Multimeter, digital	www.conrad.de	1090519-62		19,99 € pro Stk
Terrakotta- Blumentopf	Baumarkt	----	Ø = 65 mm, H = 80 mm	0,79 € pro Stk
Leistungs- starker Motor	www.heliocentris.com (nur auf Anfrage)	H60-0047		20,00 € pro Stk.
Leistungs- schwacher Motor (Anlaufspan- nung 0,2 V)	www.lemo-solar.de	SMM502		47,90 € pro Stk.
Becherglas,	www.carlroth.com	C116.1	600 ml	10 Stk für 66,40 €

breit				
-------	--	--	--	--

Versuch 1: Batterie mit Gallussäure in saurer Lösung

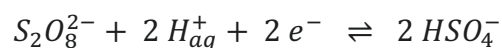
Geräte: Becherglas 600 mL breit, Blumentopf aus Terrakotta (Tontopf) - unten mit einem passenden Gummistopfen verschlossen, leistungsstarker Elektromotor Heliocentris, leistungsschwacher Elektromotor Lemo-Solar, 3 Multimeter, Kabelmaterial, Krokodilklemmen, Kohlefolie ca. 5 cm x 3 cm, Kohleelektrode nach Oetken, Silber/Silberchlorid-Elektrode, Becherglas 50 mL, Stative und Stativmaterial, ggf. Magnetrührer mit Rührkernen

Chemikalien: Gallussäure (z.B. Roth 100g /40,90€), Schwefelsäure $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ mol/L}$, Kaliumchlorid-Lösung $c(\text{KCl}) = 1 \text{ mol/L}$, Natriumperoxodisulfat

Versuchsdurchführung

Die Apparatur wird wie in Abb. 3 aufgebaut. In das Becherglas wird eine Lösung von 5 g Gallussäure in 150 mL Schwefelsäure gegeben und eine Kohlefolie eingehängt. In den Tontopf werden 100 mL Schwefelsäure gefüllt, 5 g Natriumperoxodisulfat hinzugefügt und umgerührt. Anschließend wird die Kohleelektrode nach Oetken in den Tontopf gestellt. Die Spannung zwischen den Elektroden kann mit einem Voltmeter gemessen werden. Zur Messung der Elektrodenpotentiale lässt sich die Silber-/Silberchloridelektrode wie in Abb. 3 installieren, welche über zwei Voltmeter mit den Elektroden verbunden wird, um die Potentiale der beiden Elektroden zu messen. Zu Beginn werden die Ruheklemmenspannung und das Ruhepotential der Gallussäure-/ Kohleelektrode gemessen. Anschließend werden der leistungsschwache Elektromotor und ein Amperemeter in den Stromkreis geschlossen. Nun werden für 60 Minuten die Spannung, das Elektrodenpotential und die Stromstärke gemessen.

Da die Kohleelektrode eine Sauerstoffverzehrkatode ist, ist ein Zusatz von Natriumperoxodisulfat eigentlich nicht nötig. Da dieses aber in wässriger Lösung in Sauerstoff, Wasserstoffperoxid und Natriumsulfat zerfällt, ist die Wirksamkeit der Elektrode dann deutlich erhöht. Obwohl Natriumperoxodisulfat ein tabelliertes Oxidationspotential von +2,12 V besitzt, wird es als solches offensichtlich nicht an der Elektrode umgesetzt. Elektrochemisch wirksam sind allein die Zerfallsprodukte. Allerdings konnten Vennemann und Dierks zeigen, dass sich chemisch das hohe Oxidationspotential auswirkt, da Silber(I)-Verbindungen zu Silber(III)-Verbindungen oxidiert werden konnten [9].



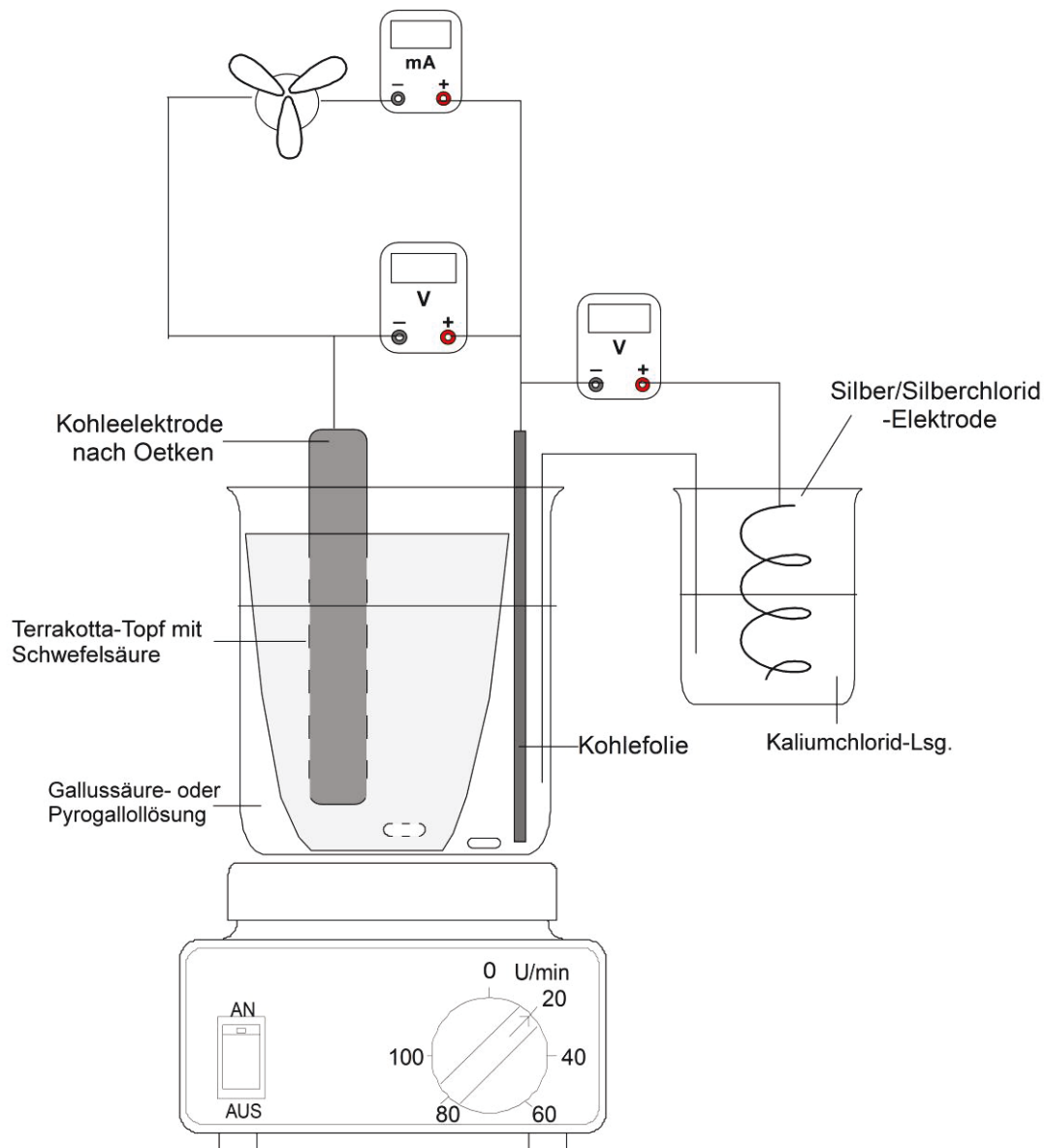


Abb. 3: Versuchsaufbau zur Gallussäure (Pyrogallol)-Sauerstoff-Zelle

In unserem Versuch betrug die Ruheklemmenspannung nach 10 Minuten 0,74 V und das Ruhepotential der Gallussäure-/Kohleelektrode +0,34 V. Nach Einschalten des Elektromotors und des Amperemeters in den Stromkreis fiel die Klemmenspannung zunächst auf 0,4 V und das Potential der Gallussäure-/Kohleelektrode stieg auf +0,69 V. Der Propeller des Motors drehte sich zunächst lebhaft. Die Stromaufnahme durch den Motor betrug zu Beginn der Belastung etwa 2,2 mA mit leicht fallender Tendenz im Laufe des Versuchs. Nach 40 Minuten war die Spannung auf 0,38 V gefallen und das Potential der Gallussäure-/Kohleelektrode auf +0,72 V gestiegen (Abb. 4).

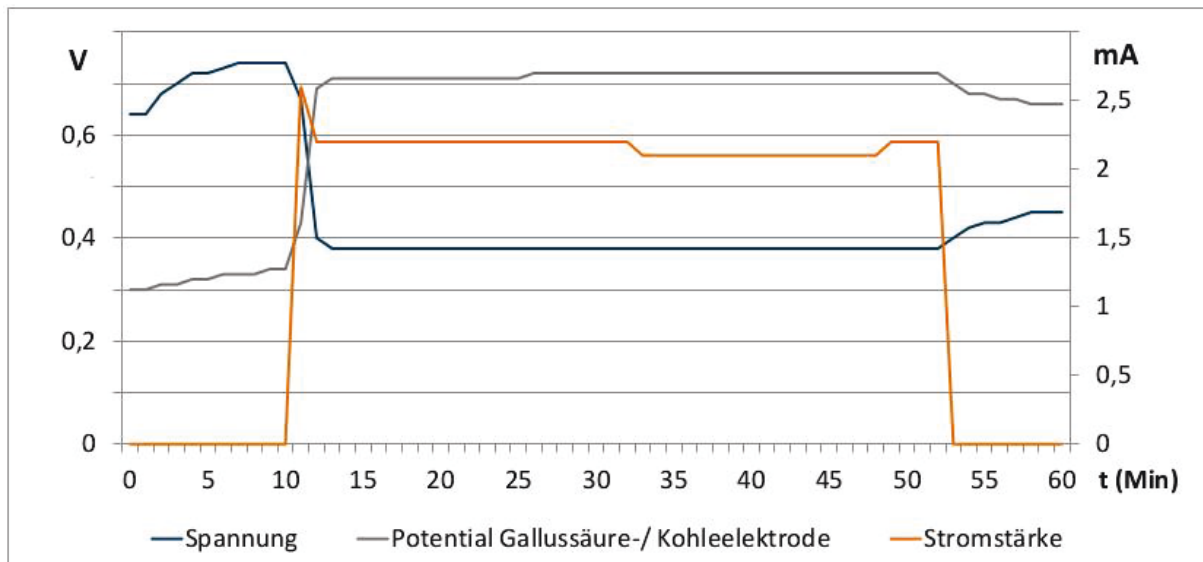


Abb. 4: Zeitlicher Verlauf von Spannung, Stromstärke und Potential der Gallussäure-Sauerstoff-Zelle mit einem leistungsschwachen Motor im sauren Milieu

Das relativ positive Potential der Gallussäure-/Kohleelektrode zeigt, dass die Gallussäure in saurer Lösung keine geeignete Anodensubstanz darstellt. Der folgende Versuch wird deshalb mit Gallussäure in alkalischer Lösung durchgeführt, da Gallussäure im alkalischen Milieu leicht zu Chinonen oxidiert wird [6].

Versuch 2: Batterie mit Gallussäure in alkalischer Lösung

Geräte: Becherglas 600 mL breit, Blumentopf aus Terrakotta (Tontopf) - unten mit einem passenden Gummistopfen verschlossen, leistungsstarker Elektromotor Heliocentris, leistungsschwacher Elektromotor Lemo-Solar, 3 Multimeter, Kabelmaterial, Krokodilklemmen, Kohlefolie ca. 5 cm x 3 cm, Kohleelektrode nach Oetken, Silber/Silberchlorid-Elektrode, Becherglas 50 mL, Stative und Stativmaterial, ggf. Magnetrührer mit Rührkernen

Chemikalien: Gallussäure (z.B. Roth 100g /40,90€), Schwefelsäure $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ mol/L}$, Natronlauge $c(\text{NaOH}) = \text{ca. } 1 \text{ mol/L}$, Kaliumchlorid-Lösung $c(\text{KCl}) = 1 \text{ mol/L}$, Natriumperoxodisulfat

Versuchsdurchführung

Die Versuchsanordnung wird wie in Versuch 1 aufgebaut und ebenso verfahren. In das Becherglas wird nun eine Lösung von 5 g Gallussäure in 150 mL Natronlauge gegeben.

In unserem Versuch betrug die Ruheklemmenspannung nach 10 Minuten 1,34 V, das Ruhepotential der Gallussäure-/Kohleelektrode lag bei $-0,17 \text{ V}$ und das Ruhepotential von der Sauerstoff-/Kohleelektrode $+1,13 \text{ V}$. Nach Einschalten eines leistungsstarken Motors mit einer Stromaufnahme von etwa 29 mA fiel die Spannung

nur relativ gering auf 1,05 V ab. Das Potential der Gallussäure-/Kohleelektrode stieg auf -0,03 V und das der Sauerstoff-/Kohleelektrode auf +1,02 V fiel. Im Laufe von 40 Minuten Betriebsdauer fiel die Spannung auf 0,98 V und die Stromaufnahme des Motors auf 27,1 mA. Das Potential der Gallussäure-/Kohleelektrode betrug jetzt +0,06 V und das der Sauerstoff-/Kohleelektrode +1,04 V. Nach Beendigung der Belastung erreichte die Ruheklemmenspannung innerhalb von 10 Minuten einen Wert von 1,32 V, das Potential der Gallussäure-/Kohleelektrode -0,14 V und das Potential der Sauerstoff-/Kohleelektrode +1,18 V. Die Abb. 5 zeigt den Gesamtverlauf der Messwerte und die Gleichungen der Elektrodenreaktionen sind in Abb. 6 dargestellt.

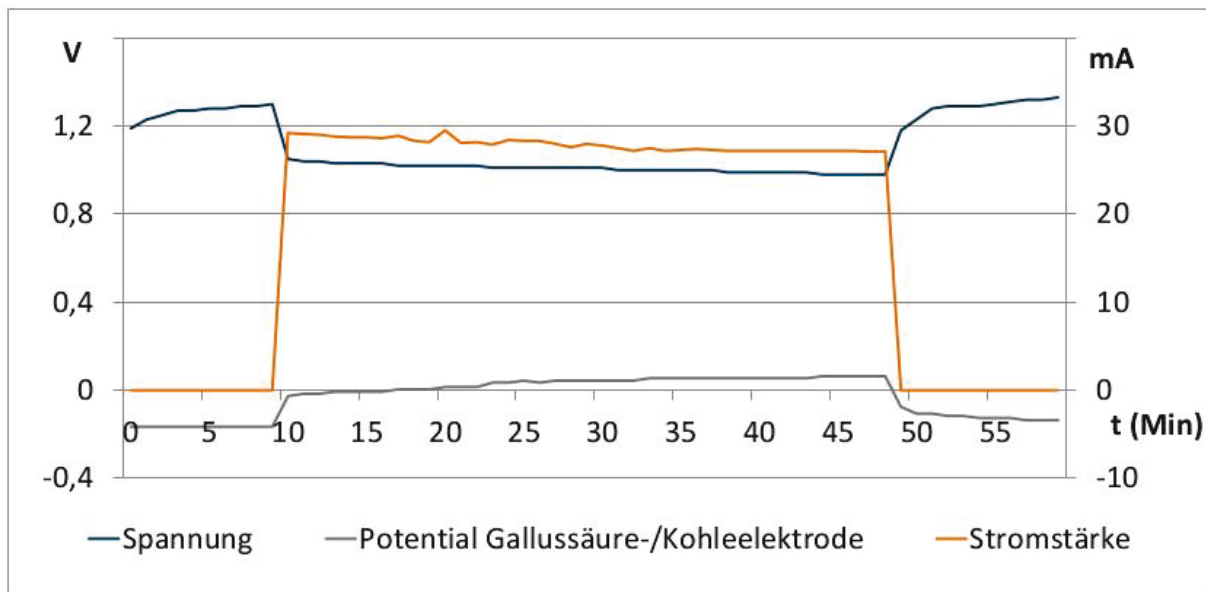
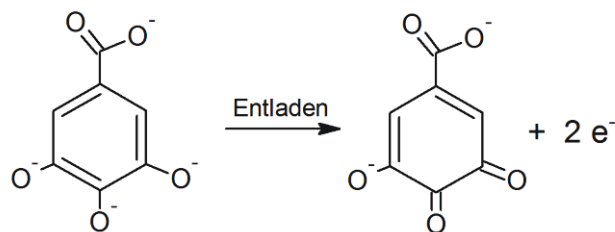


Abb. 5: Zeitlicher Verlauf von Spannung, Stromstärke und Potential der Gallussäure-Sauerstoff-Zelle mit einem leistungsstarken Motor im alkalischen Milieu

Minuspol



Pluspol



Abb. 6: Reaktionen in der Gallussäure-Sauerstoff-Zelle

Der Versuch zeigt deutlich, dass Gallussäure in alkalischer Lösung ein ausgezeichnet gutes Potential besitzt und somit eine sehr geeignete Anodensubstanz darstellt. Ebenso verdeutlicht der Versuch nicht nur die

Leistungsfähigkeit der Gallussäure-/Kohlelektrode, sondern auch die der Sauerstoffverzehrkatode nach Oetken, in welcher der Luftsauerstoff nur passiv umgesetzt wird. Die Batterie kann somit auch als Gallussäure-/Luftsauerstoff-Batterie bezeichnet werden.

Anstelle von Gallussäure lassen sich die Versuche 1 und 2 auch mit Pyrogallol durchführen. Die Ruheklemmspannung einer Pyrogallol-/Luftsauerstoff-Batterie im alkalischen Milieu (5 g Pyrogallol in 150 mL 1 molarer Natronlauge) beträgt 1 V. Die Reaktionen an der Pyrogallol-/Kohlelektrode sind in Abb. 7 beschrieben.

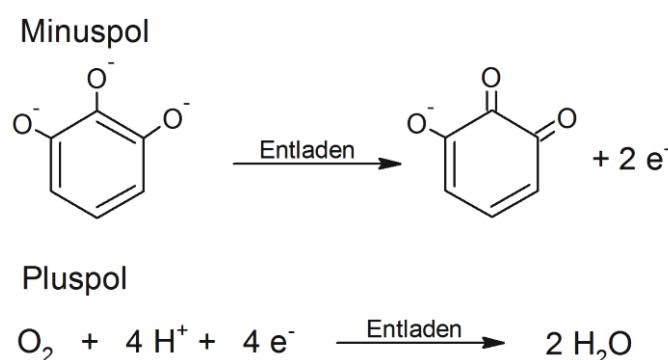


Abb. 7: Reaktionen in der Pyrogallol-Sauerstoff-Zelle

Versuch 3: Gallussäure/Benzochinon-Batterie

Das Besondere dieser Batterie ist, dass es sich um eine rein organische Batterie handelt, wie die in [1] beschriebene Anthrahydrochinon/Benzochinon-Batterie. Da das Potential der Gallussäure-/Kohlelektrode (-0,17 V) allerdings um etwa 0,36 V negativer als das der Anthrahydrochinon-/Kohlelektrode (+0,19 V) ist, ist die im Folgenden beschriebene Batterie noch wirksamer.

Geräte und Chemikalien wie in Versuch 2, 1,4-Benzochinon (z.B. Sigma-Aldrich 100g/25,60€), eine weitere Kohlefolie

Der Versuch wird wie in Abb. 8 aufgebaut. In das Becherglas wird eine Lösung von 5 g Gallussäure in 150 mL Natronlauge eingefüllt. In den Tontopf wird eine Benzochinon-Suspension von 10 g 1,4-Benzochinon in 100 mL Schwefelsäure gegeben und eine Kohlefolie eingehangen. Ansonsten wird wie in den Versuchen 1 und 2 verfahren und ein leistungsschwacher Motor von Lemo-Solar eingesetzt.

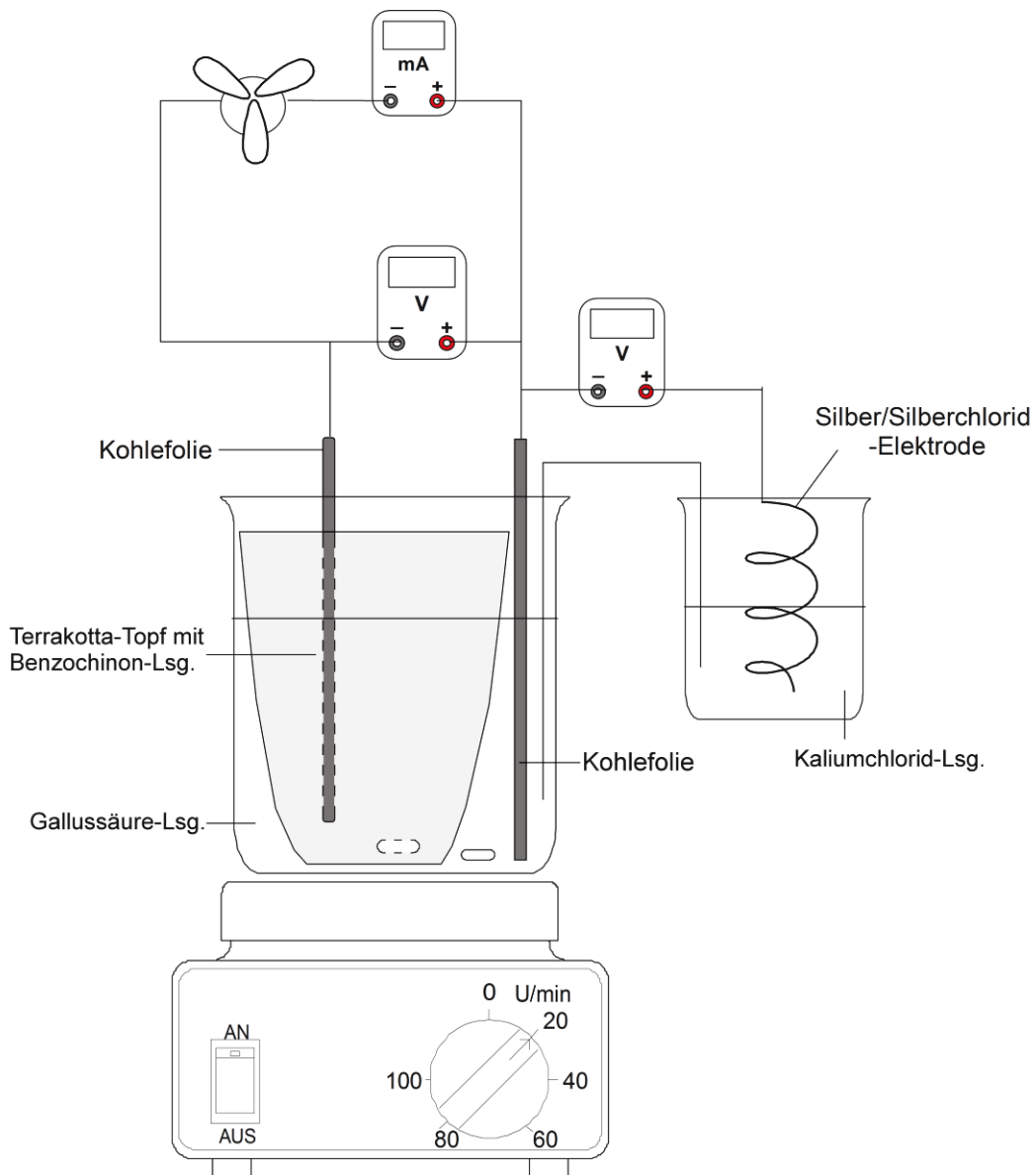


Abb. 8: Versuchsaufbau zur Gallussäure-Benzochinon-Zelle

Bei dem Versuch kamen die folgenden Ergebnisse heraus: Die Ruheklemmenspannung betrug nach 7 Minuten 0,91 V, das Potential der Gallussäure-/Kohleelektrode $-0,11$ V und das Potential der Benzochinon-/Kohleelektrode $+0,80$ V. Nach Einschalten des Elektromotors, dessen Stromaufnahme zunächst 3,1 mA betrug, in den Stromkreis, fiel die Spannung auf 0,88 V. Das Potential der Gallussäure-/Kohleelektrode war $-0,09$ V und das der Benzochinon-/Kohleelektrode $+0,78$ V. Nach 40 Minuten Betriebsdauer hatte sich nicht sehr viel verändert. Die Stromaufnahme des Motors war auf 4,3 mA gestiegen, die Spannung betrug 0,85 V, das Potential der Gallussäure-/Kohleelektrode hatte einen Wert von $-0,06$ V und das Potential der Benzochinon-/Kohleelektrode lag bei $+0,74$ V. Der zeitliche Verlauf der Messwerte ist in Abb. 9 dargestellt und die Reaktionsgleichungen sind zu finden in Abb. 10.

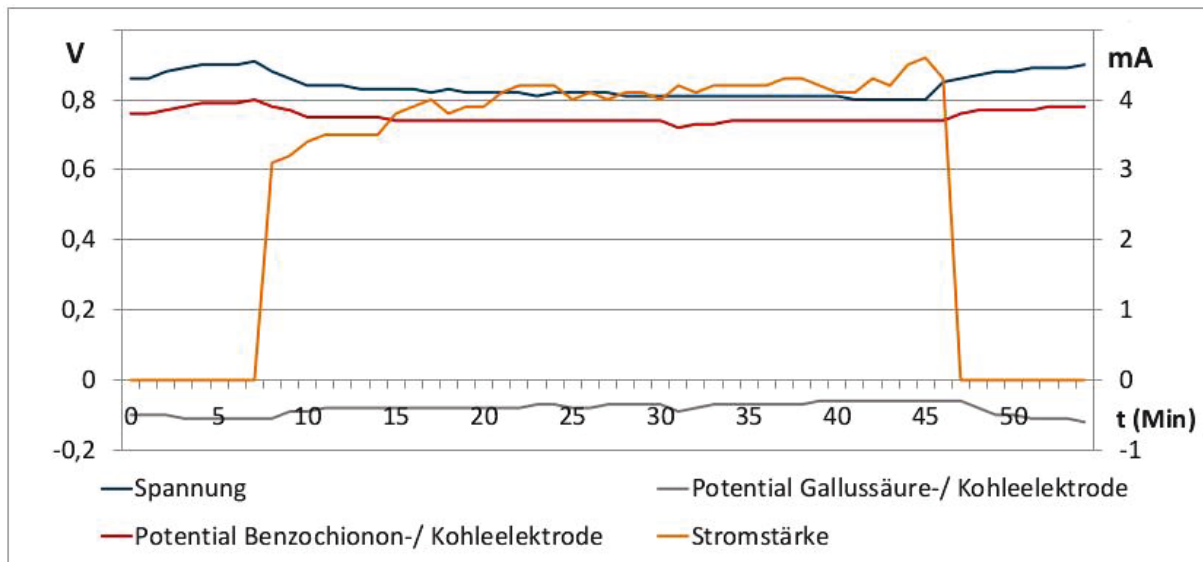
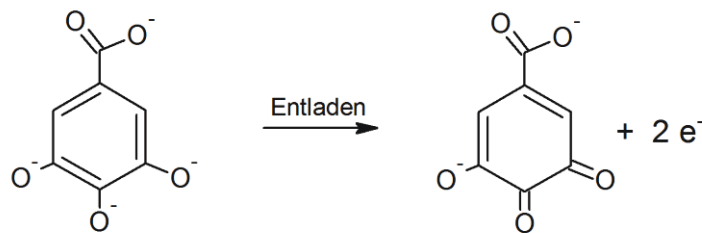


Abb. 9: Zeitlicher Verlauf von Spannung, Stromstärke und den Potentialen der Gallussäure-Benzochinon-Zelle mit einem leistungsschwachen Motor im alkalischen Milieu

Minuspol



Pluspol

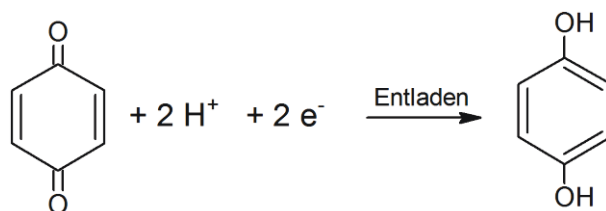


Abb. 10: Reaktionen in der Gallussäure-Benzochinon-Zelle

Anstelle von Gallussäure kann auch Pyrogallol verwendet werden. In saurer Lösung hat die Pyrogallol-/Kohleelektrode das wenig geeignete Potential von +0,56 V, während es in alkalischer Lösung -0,26 V beträgt. Als Kathode kann auch eine gesättigte Eisen(III)-sulfat-Lösung verwendet werden, die mit etwas Schwefelsäure angesäuert ist. Das Umladungspotential von $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ beträgt +0,77 V.

3 Batterien mit grünem Tee?

Der Teestrauch (*camillea sinensis*) wird vermutlich schon seit einigen tausend Jahren in China angebaut. Im 8. Jahrhundert soll er durch buddhistische Mönche nach Japan gekommen sein. Er wurde, wie damals auch in China üblich, zu Pulver

gerieben (Matcha-Tee) und mit kochendem Wasser übergossen. Auch heute noch wird in Japan die Teezeremonie gepflegt, bei der Matcha-Tee verwendet wird. Grüner Tee wird aus den gerade entfalteten Blättern der Teepflanze gewonnen. Er wird nur getrocknet und nicht wie der schwarze Tee fermentiert. Daher sind die Inhaltsstoffe im grünem Tee nicht oxidiert. Er enthält damit noch eine Vielzahl so genannter Flavanoole, darunter auch Epigallocatechingallat (EGCG).

Inhaltsstoffe des getrockneten grünen Tees sind neben Polysacchariden (ca. 13 %), Proteinen (ca. 15 %) und Coffein (ca. 4 %) bis zu 35 % Polyphenole darunter mit bis zu 30 % die schon erwähnten Flavanoole. Etwa die Hälfte davon, d.h. bis zu 15 % der Gesamtmasse, ist Epigallocatechingallat (Abb. 11). Der Matcha-Tee enthält besonders viel EGCG [7]. Epigallocatechingallat wird zurzeit intensiv auf seine klinische Wirksamkeit hin untersucht. Es soll wirksam bestimmte Tumorformen bekämpfen und bei einigen Herzerkrankungen positive Effekte entfalten. Ziemlich gesichert ist inzwischen seine Wirksamkeit bei Alzheimer-Demenz. Diese wird durch toxische, faserförmige Amyloid-Fibrillen auf den Nervenzellen des Gehirns verursacht. EGCG verhindert die Ausbildung der nicht abbaubaren, faserförmigen Amyloid-Fibrillen und ermöglicht den Abbau bereits gebildeter Plaques. Bereits zerstörte Nervenzellen können aber nicht mehr regeneriert werden [8].

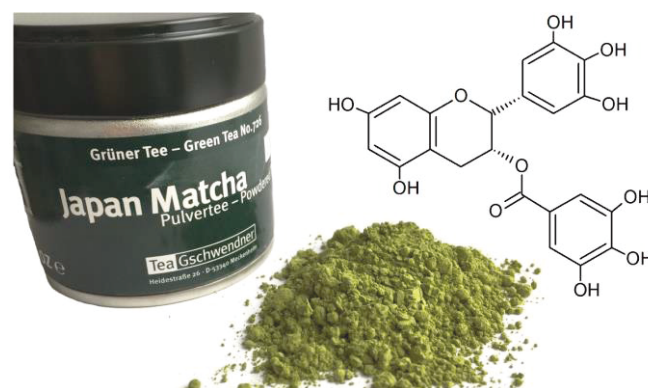


Abb. 11: Darstellung von Matchatee und der Konstitutionsformel von Epigallocatechingallat

EGCG wird durch langes Kochen allmählich abgebaut. Das übliche Zubereiten des Matcha-Tees durch Übergießen mit siedendem Wasser verringert seine Menge praktisch nicht.

4 Versuche mit Tee und Epigallocatechingallat

Für die folgenden Versuche hat sich insbesondere der pulverisierte Matcha-Tee als geeignet erwiesen. Epigallocatechingallat aus dem Extrakt von grünem Tee kann über Apotheken bezogen werden.

Versuch 4: Die grüne Tee-Batterie

Geräte und Chemikalien wie in Versuch 2, zusätzlich Matcha-Tee (z.B. TeeGeschwendner 30g Dose/ 19,95€)

Die Versuchsanordnung entspricht der aus Versuch 2. 10 g Matcha-Teepulver werden in 150 mL Natronlauge gegeben. Nach dem Umrühren wird diese Suspension in das Becherglas gegeben und die Kohlefolie eingehängt. In den Tontopf werden Schwefelsäure, zusätzlich 5-10 g Natriumperoxodisulfat gegeben und umgerührt. Darin wird die Kohleelektrode nach Oetken gestellt. Bei dem Versuch werden die Ruheklemmenspannung und das Ruhepotential der Matcha-Tee-/Kohleelektrode bestimmt, dann ein leistungsstarker Elektromotor und ein Amperemeter in den Stromkreis geschaltet und die Spannung, das Potential und die Stromstärke für etwa 20 Minuten gemessen.

In unserem Versuch betrug die Ruheklemmenspannung 1,36 V und das Ruhepotential der Matcha-Tee-/Kohleelektrode $-0,11$ V. Nach Einschalten des leistungsstarken Motors in den Stromkreis fiel die Spannung auf 0,96 V und das Potential der Matcha-Tee-/Kohleelektrode stieg auf $+0,25$. Die Stromstärke betrug 25,4 mA. Der Propeller des Motors drehte sich lebhaft. Im Laufe von 20 Minuten fiel die Spannung auf 0,58 V ab und das Potential der Matcha-Tee-/Kohleelektrode stieg auf $+0,48$ V an. Die Stromaufnahme des Motors betrug noch 16,1 mA. Nach Öffnen des Stromkreises erholte sich die Ruheklemmenspannung schnell auf 1,23 V, das Potential der Matcha-Tee-/Kohleelektrode fiel auf 0 V. Graphisch sind die Versuchsergebnisse in Abb. 12 dargestellt. Eine mögliche Oxidationsreaktion ist für Epigallocatechingallat, dem wirksamen Hauptprodukt des Teeextraktes, in Abb. 13 dargestellt.

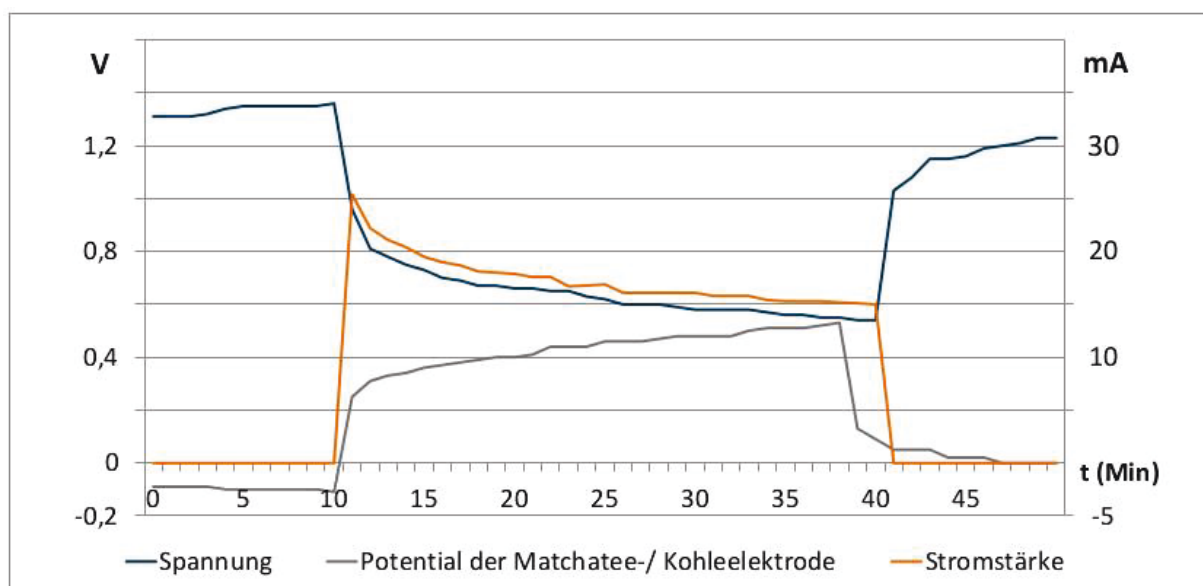
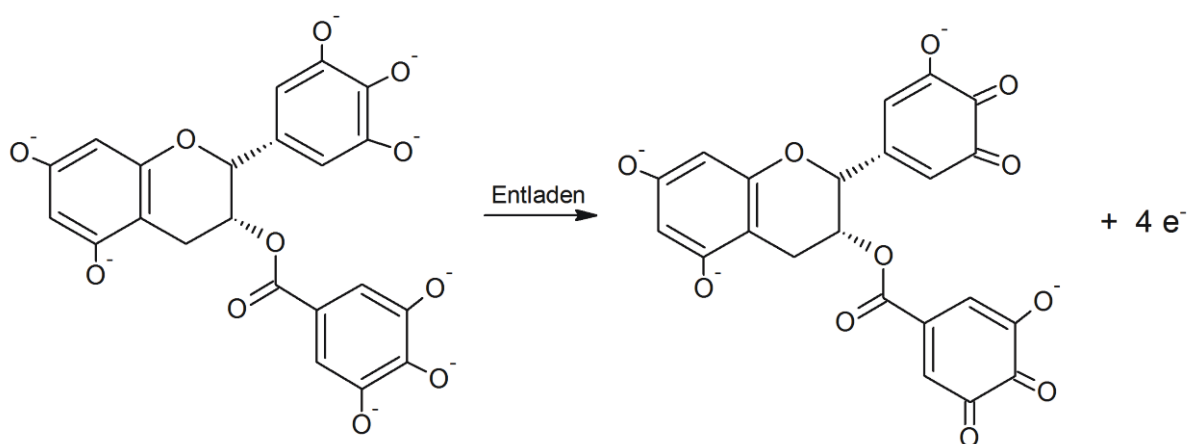


Abb. 12: Zeitlicher Verlauf von Spannung, Stromstärke und Potential der Matchatee-Sauerstoff-Zelle mit einem leistungsstarken Motor im alkalischen Milieu

Minuspol



Pluspol



Abb. 13: Reaktionen in der Matchatee-Sauerstoff-Zelle

Der Versuch selbst lässt auch zur besseren Anschaulichkeit als Teezeremonie zelebrieren. Dabei dient ein großes Teeglas als Becherglas, in welchem der Matcha-Tee mit Natronlauge „zubereitet“ und eine Kohlefolie eingehangen wird. Ein Blumenwasserspender aus Ton mit der Kohlelektrode nach Oetken dient als zweite Halbzelle (Abb. 14).



Abb. 14: Die Darstellung einer Teezeremonie mit der Matchatee-Sauerstoff-Zelle

Im folgenden Versuch wird für eine bessere Wirksamkeit grüner Teeextrakt verwendet, der in einer 300 mg Kapsel 210 mg Epigallocatechingallat und insgesamt 90 % Catechine enthält.

Versuch 5: Die Batterie mit Epigallocatechingallat

Geräte und Chemikalien wie in Versuch 2, zusätzlich „pure encapsulations Grüner Tee Extrakt“ (z.B. Apo-Rot Onlineapotheke 60 Kapseln/ 29,90€)

Der Inhalt von sieben Kapseln, also 2,1 g des Teeextrakts, werden in 150 mL Natronlauge gelöst. Ansonsten wird wie in Versuch 5 verfahren.

In unserem Versuch betrug die Ruheklemmenspannung nach neun Minuten 1,37 V und das Ruhepotential der EGCG-/Kohleelektrode $-0,23$ V. Nach Einschalten eines leistungsstarken Motors in den Stromkreis fiel die Spannung zunächst auf 0,99 V ab und das Potential der EGCG-/Kohleelektrode stieg auf $+0,05$ V an. Der Propeller des Motors drehte sich sehr schnell. Seine Stromaufnahme betrug zunächst 27,2 mA. Im Laufe von 40 Minuten sank die Spannung auf 0,67 V und das Potential der EGCG-/Kohleelektrode stieg auf $+0,33$ V an. Nach Unterbrechung des Stromkreises erholte sich die Ruheklemmenspannung nach zehn Minuten auf 1,30 V und das Potential der EGCG-/Kohleelektrode fiel auf $-0,09$ V. Die Grafik Abb. 15 zeigt die Veränderung der wichtigsten Parameter während des Versuchs und die Reaktionsgleichungen für die Elektrodenreaktionen sind in Abb. 13 zu finden.

Eine deutliche Steigerung der Effizienz dieser Batterie ließe sich durch Einsatz einer größeren Menge von EGCG und Rührung erreichen.

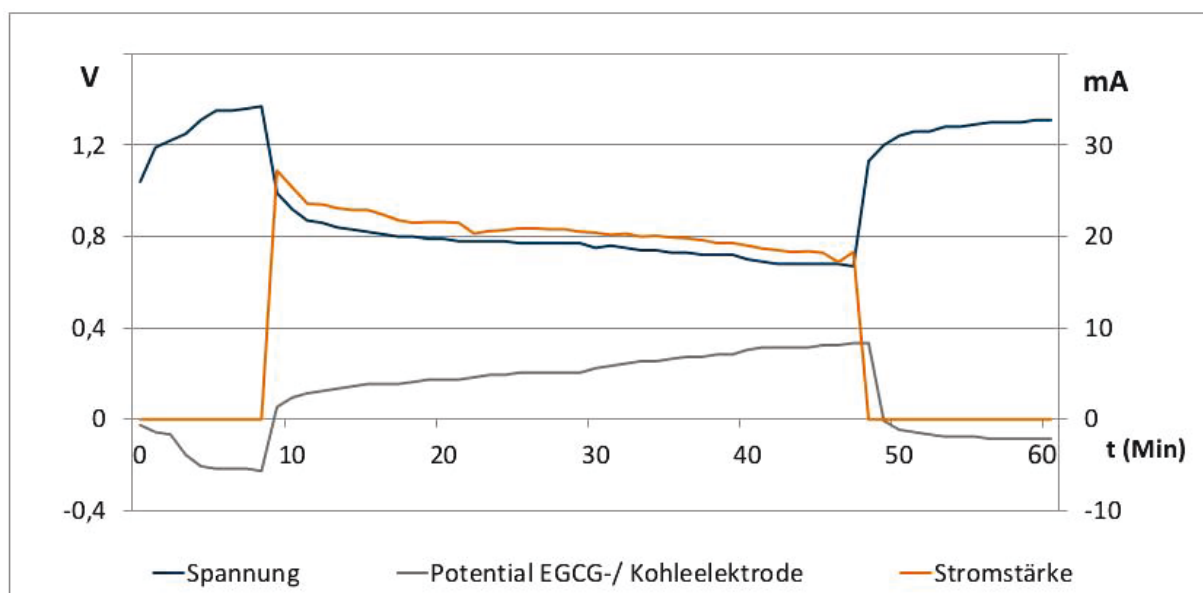


Abb. 15: Zeitlicher Verlauf von Spannung, Stromstärke und Potential der Epigallocatechingallat (EGCG)-Sauerstoff-Zelle mit einem leistungsstarken Motor im alkalischen Milieu

5 Ausblick

Die hier beschriebenen Versuche haben gezeigt, wie leicht sich Gallussäure, Polyphenole und Inhaltsstoffe des grünen Tees wie Epigallocatechingallat im alkalischen Milieu zu Chinonen elektrochemisch oxidieren lassen. Weitere wirksame Anodensubstanzen auf Naturstoffbasis könnten der von der Gallussäure abgeleitet

Gerbstoff Tannin und die Blütenfarbstoffe Cyanidin und Delphinidin sein, da sie ebenfalls über geeignete OH-Gruppen verfügen, die zu Chinonen oxidiert werden können. Wir werden demnächst über diese Untersuchungen berichten.

Wir danken dem Fonds der chemischen Industrie für die finanzielle Unterstützung der Arbeit.

6 Literatur

- [1] D. Rosenberg, M. Behnisch, S. Pansegrau, M. Busker, W. Jansen, Speicherung elektrischer Energie mit neuartigen, organischen Batterien, PdN-ChiS 3/65, Seite x (2016)
- [2] D. Rosenberg, M. Wachholz, M. Busker, W. Jansen, Organische Batterien mit Alizarin, PdN-ChiS 3/65, Seite x (2015)
- [3] B. Huskinson, S. Nawar, M. R. Gerhardt, M. Aziz, Novel Quinone-Based Couples for Flow-Batteries. ECS Transactions 57 (7), 101-105 (2013)
- [4] B. Huskinson, M. P. Marshak, S. Changwon, E. Süleyman, M. R. Gerhardt, C. J. Galvin, X. Chen, A. Aspuru-Guzik, R. G. Gordon, M. Aziz, A metal-free organic – inorganic aqueous flow-battery. Nature Vol. 505, 195-198 (2014)
- [5] B. Yang, L. Hooper-Burkhardt, F. Wang, G. K. S. Prakash, S. R. Narayanan, An Inexpensive Aqueous Flow Battery for Large-Scale Electrical Energy Storage Based on Water-Soluble Organic Redox Couples. ESC 161(p), A1371-A1380 (2014)
- [6] J. Falbe, M. Regitz, Römpp Chemie Lexikon Cm-G, Thieme, 1475 (1990)
- [7] M. Fink, Einsatz der Nah-Infrarot(NIR)–Spektroskopie zur quantitativen Bestimmung ausgewählter pflanzlicher Inhaltsstoffe, Dissertation, Technische Universität Braunschweig (2003)
- [8] D. E. Ehrnhoefer, J. Bieschke, A. Boeddrich, M. Herbst, L. Masino, R. Lurz, S. Engemann, A. Pastore, E. E. Wanker, EGCG redirects amyloidogenic polypeptides into unstructured, off-pathway oligomers, Nat Struct Mol Biol, 15 (6), 558-566 (2008)
- [9] W. Dierks, H. Vennemann, Mit Peroxodisulfat zu extremen Potentialdifferenzen – eine 5V-Monozelle, CHEMKON, 4, 197-198 (2004)

Dominique Rosenberg, Alexander Rehling, Prof. em. Dr. Walter Jansen und Prof. Dr. Maike Busker, Europa-Universität Flensburg, Abteilung Chemie und ihre Didaktik, Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg, Email:
dominique.rosenberg@uni-flensburg.de